

6-08

# MEDIA INFORMATIKA

Vol. 7, No. 1, Juni 2009

ISSN: 0854-4743

Recovery Model for Survivable System Through Critical Service Resource  
Reconfiguration  
**Irving Vitra Paputungan**

Prototipe M-Education untuk Pendaftaran Matakuliah di Perguruan Tinggi  
Berdasarkan WAP  
**Anita Desiani, Ali Amran**

Sistem Pakar untuk Mendiagnosa Jenis Penyakit pada Ternak Ayam Petelur  
Usia Produktif Berdasarkan Gejala Klinis  
**Yuliani Indrianingsih**

Aplikasi Atlas Anatomi Manusia Sobotta Berbasis Multimedia  
**Auliya Rahman, Ami Fauziah**

Robot Line Follower dengan Kendali PID  
**Afrizal Mayub**



- dimensi seluruhnya, sehingga Pengguna dapat mengerti lebih dalam mengenai anatomi tubuh manusia.
4. Menu Pencarian masih relatif sederhana, tidak memiliki pengkategorian metode pencarian. Di masa mendatang diharapkan adanya pengkategorian metode pencarian, apakah pencarian dilakukan di bagian judul saja atau sampai ke bagian keterangan daripada Informasi Anatomi.

#### PUSTAKA

- Hendratman, H. (2006). *Computer Graphic Design*. Bandung: Informatika.
- Idris, H. (2008). Pengembangan Multimedia Pembelajaran Berbantuan Komputer. *Jurnal IQRA'*, STAIN Manado, vol. 5.
- Pramono, Gatot. (2008). *Pemanfaatan Multimedia Pembelajaran*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Sobotta Johannes Prof. Dr. Med. (2000). *Putz Renate dan Pabst, R. Atlas Anatomi Manusia Sobotta*. Ed. 21. Yogyakarta: EGC. 2 jilid.
- Soenarto, Sunaryo. (1995). *Teknologi Multimedia Pendidikan*, Yogyakarta: Informasi FPTK IKIP Yogyakarta.
- Suyanto, M. (2003). *Multimedia Keunggulan Bersaing*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

## ROBOT LINE FOLLOWER DENGAN KENDALI PID

Afrizal Mayub  
Jurusan Teknik Informatika Universitas Bengkulu

### ABSTRACT

Target of writing Line follower robot conducted PID is to apply AVR ATMEGA microcontroller 16 as conducting follower line robot, applying to conduct PID at follower line robot, applying DC motor controller with wide modulation technique of Pulse Width Modulation or pulse (PWM) digitally use ATMEGA microcontroller 16. used methodologies cover requirement analysis, design, coding, and test. Scheme step started from system diagram block, hardware, software, and examination. From research got by result of that, all is hardware, sensor, comparator, microcontroller, motor driver, and conduct PID with BASIC COMPILER software work better is matching with the one which planned.

Keywords: Line follower, mikrokontroler AVR ATmega 16, PID

### 1. PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar belakang

Robot line follower ialah robot pengikut garis yang berjalan mengikuti lintasan berupa garis lurus, belok, bahkan persimpangan secara otonom. Salah satu kegunaan robot line follower dapat diaplikasikan sebagai pengangkut barang agar dapat ditujukan ke tempatnya dengan melintasi garis lintasan. Suatu sistem memerlukan pengendalian agar pergerakan robot saat dioperasikan dapat sesuai dengan harapan, akan tetapi pengendalian robot tersebut memiliki kendala yakni kestabilan robot dalam mencermati lintasan yang dibaca, maka kendali PID (proporsional, integratif, derivatif) dapat menjadi solusinya, dengan pengendalian PID robot berjalan lebih responsif dengan kecermatan yang tinggi sehingga pergerakan robot lebih stabil sesuai dengan medan lintasan yang dihadapi.

#### 1.2 Pengertian Robot Line Follower

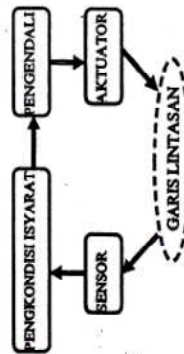
Robot line follower dirancang memiliki kemampuan untuk mendeteksi garis atau lintasan. Garis dapat berupa warna putih ataupun hitam yang masing-masing jenis warna garis memiliki warna latar yang kontras berkebalikan dengan warna garisnya, misalnya jika warna latar berupa warna putih maka garisnya berwarna hitam atau sebaliknya. Sensor pada robot line follower ini digunakan untuk mengikuti alur sesuai dengan bentuk dan arah lintasannya. Skema kerja sistem robot line follower diilustrasikan pada Gambar 1.

#### 1.3 Tujuan

Tujuan penulisan dan pembuatan "Robot line follower dengan kendali PID adalah:



1. Menerapkan aplikasi mikrokontroler AVR ATmega 16 sebagai otak pengendali pada robot *line follower*.
2. Menerapkan kendali PID pada robot *line follower*.
3. Menerapkan pengendalian motor DC dengan teknik modulasi lebar pulsa atau *Pulse Width Modulation (PWM)* secara digital menggunakan mikrokontroler ATmega 16.



Gambar 1. Skema sistem kerja robot *line follower*

#### 1.4 Batasan masalah

Rancangan dan pembuatan robot *line follower* mempunyai batasan:

1. Sensor garis menggunakan delapan buah *photodiode*.
2. Pengkondisi sinyal (komparator) menggunakan dua buah IC LM324.
3. Pengendali utama robot menggunakan mikrokontroler ATmega 16.
4. Driver motor menggunakan IC L293D.
5. Penetapan konstanta PID dengan cara *manual tuning trial and error*.
6. Lintasan garis berwarna hitam dengan latar berwarna putih.

#### 1.5 Permasalahan

Bagaimanakah rancangan yang paling baik agar kendali PID robot *line follower* dapat bekerja dengan efektif dan efisien.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Mikrokontroler ATmega 16

Atmel sebagai salah satu vendor yang mengembangkan dan memasarkan produk mikroelektronika telah menjadi suatu teknologi standar bagi para desainer sistem elektronika masa sekarang. Dengan perkembangan terakhir yaitu generasi AVR (*Alf and Vegard's RISC processor*) maka para desainer sistem elektronika telah diberikan suatu teknologi yang memiliki kapabilitas yang amat maju namun dengan biaya ekonomis yang cukup minimal. Dalam implementasi ini maka dipergunakan salah satu AVR produk Atmel yaitu ATmega 16 sebagai jantung pengolahan data digitalnya.

#### 2.1.1 Arsitektur ATmega 16

Berdasarkan arsitektur ATmega 16 pada Gambar 2.1 dapat dilihat bahwa ATmega 16 memiliki bagian-bagian yaitu saluran I/O sebanyak 32 terdiri atas port A, Port B, Port C, dan Port D, ADC internal dengan fidelitas 10 bit sebanyak 8 channel, Tiga unit Timer/Counter dengan kemampuan perbandingan,

Mayub - Robot Line Follower dengan Kendali PID

CPU yang terdiri atas 32 unit register, Watchdog Timer dengan osilator internal, SRAM sebesar 1k byte, Memori Flash sebesar 16 kB dengan kemampuan *Read While Write*, EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat operasi, Unit interupsi internal dan eksternal, Antarmuka komparator analog, dan Port antarmuka SPI dan Port USART untuk komunikasi serial.

#### 2.1.2 Konfigurasi Pin ATmega 16

AVR ATmega 16 terdiri dari 40 pin dengan konfigurasi seperti pada Gambar 2.

#### 2.1.3 Peta Memori ATmega 16

Arsitektur memori mikrokontroler ATmega 16 memiliki dua ruang memori utama yaitu Program Memori dan Data Memory. Selain itu ATmega 16 memiliki EEPROM untuk menyimpan data. Semua ruang memori ini teratur dan linear. Memori data terbagi menjadi 3 bagian, yaitu 32 buah register umum, 64 buah register I/O, dan 1k bytes SRAM Internal.

#### 2.1.4 Timer/Counter ATmega 16

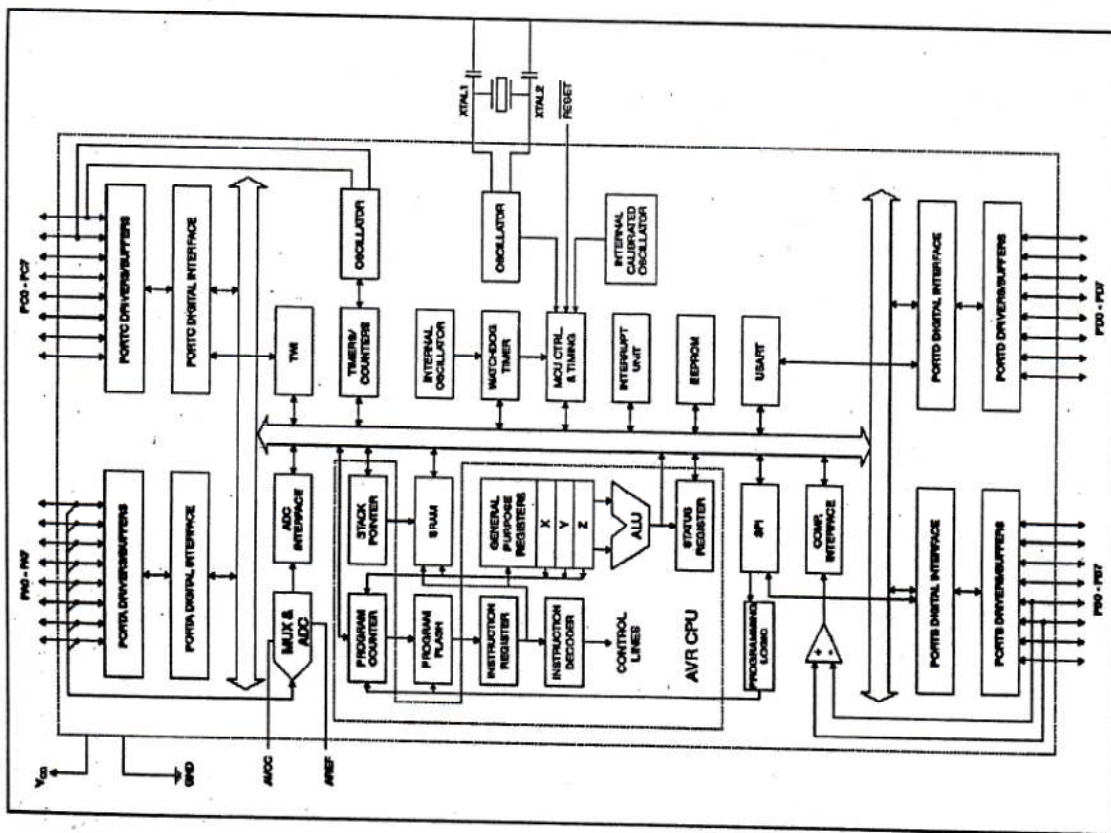
ATmega 16 memiliki tiga buah Timer/Counter, yaitu Timer/Counter 0 (8-bit), Timer/Counter 1 (16-bit), dan Timer/Counter 2 (8-bit) yang berfungsi untuk memecah pulsa baik dari dalam sistem maupun dari luar sistem.

#### 2.1.5 Interupsi ATmega 16

Interupsi adalah suatu kejadian yang akan menghentikan sementara jalan program saat itu dan menjalankan program yang ada dalam alamat sementara interupsi. Dengan interupsi, suatu alur program dapat dihentikan sementara untuk menjalankan suatu subrutin, dan kemudian melanjutkan aliran program secara normal seperti tidak pernah ada interupsi. Subrutin ini yang disebut dengan interrupt handler, dan hanya dijalankan jika terjadi suatu kejadian khusus. Kejadian ini dapat berupa pewaktu/timer yang mengalami overflow, penerimaan atau pengiriman karakter melalui port serial atau interupsi luar.

#### 2.1.6 PWM (Pulse Width Modulation) ATmega 16

PWM (*Pulse Width Modulation*) atau modulasi lebar pulsa adalah salah satu keunggulan Timer/Counter yang terdapat pada ATmega 16. Ketiga jenis Timer/Counter pada ATmega 16 dapat menghasilkan pulsa PWM. Pulsa PWM adalah sederetan pulsa yang lebar pulsanya dapat diatur. Pulsa PWM berfungsi mengatur kecepatan motor DC, mengatur gelap terang LED dan aplikasi lainnya. PWM adalah *Timer mode Output Compare* yang canggih. Mode PWM Timer juga dapat memecah turun yang berlawanan dengan mode Timer lainnya yang hanya memecah naik. Pada mode PWM tersebut, Timer memecah naik hingga mencapai nilai TOP, yaitu 0xFF (255) untuk PWM 8 bit dan 0x3FF (1023) untuk PWM 10 bit. Timer/Counter 0 hanya memiliki PWM 8 bit, sedangkan pada Timer/Counter 1 memiliki 9 bit dan PWM 10 bit, dan Timer/Counter 2 memiliki PWM 8 bit.

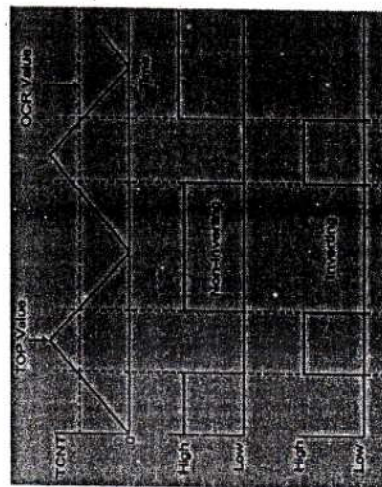


Gambar 2. Diagram fungsional ATmega 16

PDIP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
(XCK/T0)	PB0	(T1)	PB1	(INT2/AN0)	PB2	(OC0/AN1)	PB3	(CS)	PB4	(MOSI)	PB5	(MISO)	PB6	(SCK)	PB7	RESET	VCC	GND	XTAL2	XTAL1	(RXD)	P00	(TXD)	P01	(INT0)	P02	(INT1)	P03	(OC1B)	P04	(OC1A)	P05	(PC1)	(PC0)	(PC1)	(SDA)	(SCL)	P03	(SCL)	P02	(PC2)	P07	(OC2)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

Gambar 3. Konfigurasi pin ATmega 16

Pemilihan mode PWM disetting melalui bit COM01 dan bit COM00 pada register TCCR. Saat COM00 *clear* dan COM01 set, pin OC0 *clear* saat timer mencacah diatas *Compare Match* dan pin OC0 set saat timer mencacah dibawah *Compare Match* atau *non-inverting PWM*. Kebalikannya, saat COM00 set dan COM01 juga set, maka pin OC0 set saat timer mencacah dibawah *Compare Match* atau disebut juga *inverting PWM*. Agar lebih jelas, perhatikan Gambar 4.



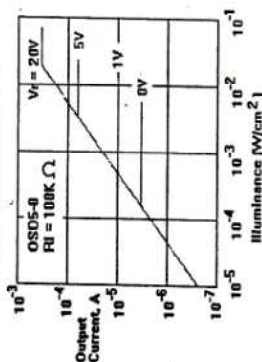
Gambar 4. Pulsa PWM *inverting* dan *non-inverting*

## 2.2 Sensor Photodiode

Sensor *photodiode* adalah salah satu jenis sensor peka cahaya (*photodetector*). *Photodiode* akan mengalirkan arus yang membentuk fungsi linear terhadap intensitas cahaya yang diterima. Arus ini umumnya teratur terhadap *power density*



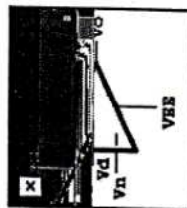
(Dp). Perbandingan antara arus keluaran dengan *power density* disebut sebagai *current responsivity*. Arus yang dimaksud adalah arus bocor ketika photodiode tersebut disinari dan dalam keadaan dipanjar mundur. Hubungan antara keluaran sensor *photodiode* dengan intensitas cahaya yang diterimanya ketika dipanjar mundur adalah membentuk suatu fungsi yang linier.



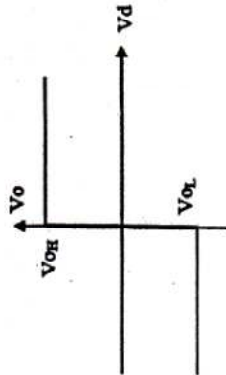
Gambar 5. Hubungan keluaran *photodiode* dengan intensitas cahaya

### 2.3 Komparator

Komparator ialah sebuah pembandingan yang membandingkan tegangan sinyal pada satu masukan dengan suatu tegangan acuan pada masukan lainnya. Untuk keperluan tertentu, *opamp* dapat digunakan dalam keadaan lingkaran terbuka atau dengan balikan positif. Pada keadaan ini, *opamp* pada umumnya tidak berfungsi sebagai penguat karena keluaran tidak berbanding lurus dengan masukan sehingga *opamp* digunakan secara tak linier. Salah satu penggunaan tak linier dari sebuah *opamp* adalah sebagai pembandingan atau komparator tegangan. Keluaran pembandingan hanya dapat mempunyai dua nilai, misalnya 0V dan 5V saja (tergantung referensi tegangan yang digunakan). Pembandingan mempunyai dua masukan, yaitu masukan membalik (-) dan masukan tak membalik (+). Pada dasarnya, pembandingan akan membandingkan hasil integrasi dengan tegangan acuan yang telah ditentukan. Komparator dimaksudkan untuk membandingkan tegangan masukan salah satu masukan dengan masukan yang lain dan menghasilkan tegangan keluaran yang maksimal atau minimal. Pada komparator yang menggunakan *op-amp* jika terdapat perbedaan minimal 1mV antara masukan  $V_p$  dan masukan  $V_n$  dapat menghasilkan keluaran dengan  $V_o$  maksimal atau minimal, tergantung dari tegangan yang lebih besar. Gambar 6 adalah rangkaian komparator.



Gambar 6. Rangkaian Skematik komparator



$$V_o = V_{oh} ; \text{ saat } V_p > V_n \quad V_{oh} (\text{saturasi tinggi}) \approx V_{cc}$$

$$V_o = V_{ol} ; \text{ saat } V_n > V_p \quad V_{ol} (\text{saturasi rendah}) \approx V_{EE}$$

Gambar 7. Tegangan keluaran komparator

Dalam konfigurasi yang paling sederhana, dengan adanya sedikit perbedaan tegangan diantara kedua masukan akan mengayunkan *op-amp* dalam saturasi. Arah saturasi keluaran ditentukan oleh polaritas sinyal masukan. seperti pada Gambar 7 dapat dilihat apabila tegangan tak membalik ( $V_p$ ) lebih positif dibanding tegangan masukan membalik ( $V_n$ ) maka keluaran berayun menuju saturasi positif ( $V_{oh}$ ) sebaliknya jika tegangan masukan membalik ( $V_n$ ) lebih negatif dibanding tegangan masukan tak membalik ( $V_p$ ) maka keluaran akan berayun menuju saturasi negatif ( $V_{ol}$ ). Rangkaian komparator pada robot line follower ini dirancang menggunakan *schmitt trigger* (histerisis) yang berfungsi sebagai umpan balik. Bila tegangan keluaran mengalami kejenuhan (saturasi) positif maka, tegangan positif akan diumpankan kembali ke masukan membalik. Masukan positif tersebut menjaga keluaran pada keadaan rendah. Sebaliknya, jika tegangan mengalami kejenuhan negatif akan diumpankan kembali ke masukan tak membalik dan keluaran pada keadaan tinggi. Dalam hal ini umpan balik negatif memperkuat keadaan keluaran yang ada, jadi faktor umpan baliknya adalah:

$$B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad \dots(1)$$

Bila masukan mengalami kejenuhan positif, tegangan acuan diterapkan adalah:

$$V_{UTP} = +B \times V_{jen} \quad \dots(2)$$

Bila keluarannya mengalami kejenuhan negatif, tegangan acuan adalah:

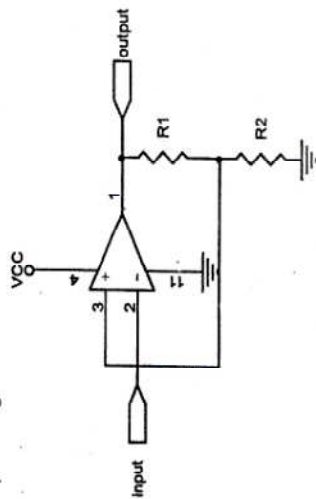
$$V_{UTP} = -B \times V_{jen} \quad \dots(3)$$

Tegangan acuan ini sama dengan titik perpindahan atas (Upper Trip Point, UTP) atau  $+B \cdot V_{jen}$  dan titik perpindahan bawah (Low Trip Point, LTP) atau  $-B \cdot V_{jen}$ . Hal ini dapat dilihat pada gambar 8 sebagai rangkaian dasar histerisis.

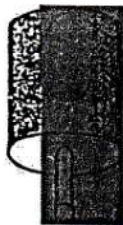
### 2.4 Motor DC

Motor adalah komponen yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, dalam kasus perancangan robot, umumnya digunakan motor DC, karena jenis motor tersebut mudah untuk dikendalikan. Kecepatan yang dihasilkan oleh

motor DC berbanding lurus dengan potensial yang diberikan. Untuk membalik arah putarnya cukup membalik polaritas yang diberikan. Dengan mengatur tegangan potensial terminal motor DC maka untuk mengendalikan kecepatan motor DC dapat dilakukan dengan teknik modulasi lebar pulsa atau *Pulse Width Modulation (PWM)*. Lihat gambar 9.



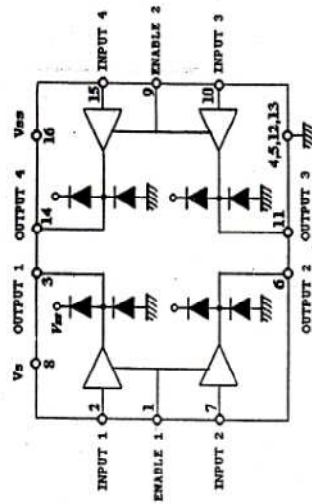
Gambar 8. Rangkaian dasar histerisis



Gambar 9. Motor DC

## 2.5 IC L293D Driver Motor DC

Untuk mempermudah pengendalian kecepatan dan memperoleh arus yang cukup maka motor DC tidak langsung dihubungkan ke suplai daya, namun terlebih dahulu dihubungkan pada rangkaian *driver* motor. Di dalam IC L293D terdapat empat buah *driver push pull* masing-masing dilengkapi dengan dioda. Setiap dua buah *push pull* yang berdekatan membentuk sebuah *H-bridge*. Kaki enable terdapat pada setiap pasangan *push pull* yang membentuk jembatan. Kaki enable berguna untuk mengaktifkan sebuah pasangan *push pull* untuk bekerja bersamaan. IC ini mampu bekerja untuk menjalankan beban dengan tegangan 4,5 volt sampai dengan 36 volt. Keluaran arus dari IC ini dapat ditarik sampai dengan 1200 mA secara terus-menerus. Masukan yang diberikan ke IC ini dapat berupa tegangan berstandar logika TTL maupun CMOS sekalipun keluarannya berada di atas level tegangan tersebut. IC ini membutuhkan dua buah sumber daya yaitu untuk menyuplai tegangan keluaran dan untuk menyuplai tegangan logika. Dengan cara seperti itu dimungkinkan untuk menjalankan beban bertegangan lebih besar dari tegangan logika yang digunakan. Rangkaian internal IC L293D dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Rangkaian internal IC L293D

## 2.6 Regulator

Dalam suatu rangkaian elektronika dibutuhkan suatu sumber yang benar-benar stabil. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut digunakanlah sebuah rangkaian regulator dengan menggunakan dioda zener sebagai pemotong tegangan keluarannya. Namun seiring dengan adanya regulator seri LM 78XX yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut, maka pemakaian dioda zener sekarang mulai berkurang dan banyak diabaikan. Dengan menggunakan regulator seri LM 78XX untai penstabil tegangan dapat lebih ringkas serta regulator seri ini menyediakan tegangan keluaran yang bervariasi. Besarnya tegangan keluaran serta arus yang disediakan oleh regulator seri LM 78XX dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Elektrik Regulator LM78XX

Type	Vout (V)	Iout (A)		Vin (V)	
		78XXC	78LXX	78MXX	Max
7805	5	1	0,1	0,5	20
7806	6	1	0,1	0,5	21
7808	8	1	0,1	0,5	23
7809	9	1	0,1	0,5	24
7810	10	1	0,1	0,5	25
7812	12	1	0,1	0,5	27
7815	15	1	0,1	0,5	30
7818	18	1	0,1	0,5	33
7824	24	1	0,1	0,5	38

## 2.7 LCD

Liquid Crystal Display atau dikenal sebagai LCD adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. Standarisasi yang cukup populer digunakan banyak vendor LCD, yaitu HD44780U, yang memiliki chip kontroler Hitachi 44780. LCD tipe ini memungkinkan pemrogram untuk mengoperasikan komunikasi data secara 8 bit atau 4 bit. Jika menggunakan



jalur data 4 bit akan ada 7 jalur data (3 untuk jalur kontrol & 4 untuk jalur data). Jika menggunakan jalur data 8 bit maka akan ada 11 jalur data (3 untuk jalur kontrol & 8 untuk jalur data). Tiga jalur kontrol ke LCD ini adalah EN (Enable), RS (Register Select) dan R/W (Read/Write).

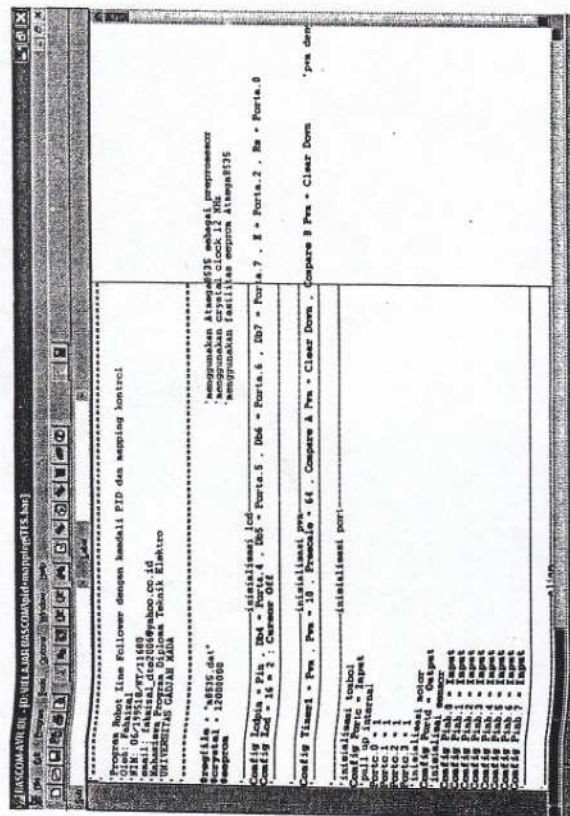


Gambar 11. Bentuk Fisik LCD 2\*16

## 2.8 Perangkat Lunak

### 2.8.1 BASCOM-AVR

Untuk dapat bekerja dalam mikrokontroler, program yang telah ditulis dengan bahasa pemrograman (BASIC, C, ataupun Assembler) selanjutnya di-compile dengan compiler agar diperoleh bentuk hexadesimal dengan bentuk file \*.hex, bentuk object dengan bentuk file \*.obj atau bentuk biner dengan bentuk file \*.bin. BASCOM-AVR atau Basic Compiler-AVR merupakan compiler bahasa basic. Selain itu produk dari MCS Electronics ini sekaligus sebagai perangkat lunak editor, compiler dan simulator. Tampilan muka halaman editor perangkat lunak BASCOM-AVR ditunjukkan pada Gambar 12. Selanjutnya, file tersebut didownload ke dalam mikrokontroler dengan downloader.

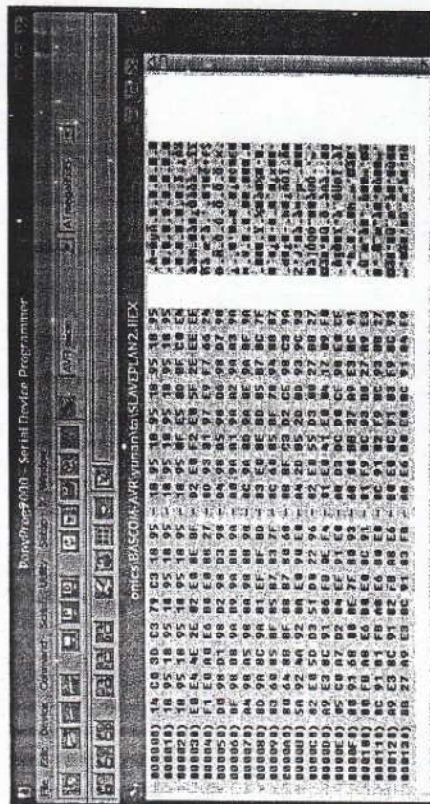


Gambar 12. Halaman editor BASCOM-AVR

Mayub - Robot Line Follower dengan Kendali PID

### 2.8.2 Downloader

Downloader adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mendownload program yang telah dihasilkan compiler ke dalam mikrokontroler. Salah satu downloader yang ada ialah perangkat lunak PonyProg 2000. Downloader ini merupakan perangkat lunak yang *user friendly*. Untuk memulai kerja dengan perangkat lunak ini, pengguna cukup melakukan pemilihan mikrokontroler yang digunakan, melakukan kalibrasi dan memilih port *interface* yang digunakan dalam komunikasi dengan mikrokontroler. Selanjutnya, pengguna langsung dapat melakukan aktivitas menggunakan perangkat lunak ini misalnya untuk membaca memori flash dan memori data, menghapus memori flash dan memori data, mendownload program dan melakukan simulasi. Tampilan halaman muka PonyProg 2000 ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Halaman muka PonyProg2000

### 2.8.3 Pengenalan Bahasa Basic

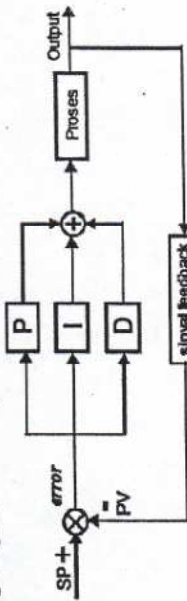
Bahasa pemrograman BASIC dikenal di seluruh dunia sebagai bahasa pemrograman handal, cepat, mudah dan tergolong kedalam bahasa pemrograman tingkat tinggi. Bahasa BASIC adalah salah satu bahasa pemrograman yang banyak digunakan untuk aplikasi mikrokontroler karena kemudahannya dan kompatibel terhadap mikrokontroler jenis AVR dan didukung oleh *compiler software* berupa BASCOM-AVR meliputi Kontruksi bahasa BASIC pada BASCOM-AVR, Pengarah preprosesor, Tipe Data, Konstanta, Variabel, Deklarasi, Deklarasi buatan, Operator, Pernyataan Kondisional (IF-THEN - END IF), dan Pernyataan Kondisional (SELECT-CASE-END SELECT).

## 2.9 PID Digital

PID Digital pada dasarnya merupakan suatu proses dari suatu program yang dijalankan dengan menggunakan mikrokontroler, dengan memasukkan



nilai-nilai konstanta P, I, dan D, kemudian diproses untuk dapat menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut dengan manipulasi konstanta nilai perbaikan *error*. Komponen kontrol PID terdiri dari tiga jenis yaitu, Proporsional, Integratif, dan derivatif. Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri tergantung dari respon yang diinginkan terhadap suatu objek.



Gambar 14. Blok Diagram Kendali PID

Berikut persamaan matematis dari kendali PID:

$$V_o = K_p e(t) + K_i \int_0^t e dt + K_d \frac{de}{dt} \quad \dots(4)$$

Persamaan dasar PID tersebut secara digital menggunakan *software* dapat diaplikasikan sebagai berikut.

$$V_o = K_p \times error + K_i \times (error + last\_error) \times T_s + \frac{K_d}{T_s} \times (error - last\_error) \quad \dots(5)$$

Dimana;  $T_s$  ialah time sampling dan  $last\_error$  ialah nilai error sebelumnya.

### 2.9.1 Kendali Proporsional

Dalam aksi kendali Proporsional, output dari sistem kontrol selalu sebanding dengan inputnya. Sinyal output merupakan penguatan dari sinyal kesalahan dengan faktor tertentu, faktor penguatan ini merupakan konstanta proporsional dari sistem, yang dinyatakan dengan  $K_p$ , dimana  $K_p$  ini mempunyai respon yang tinggi/cepat.

### 2.9.2 Kendali Integratif

Dalam aksi kendali integratif, output dari kontroler ini selalu berubah selama terjadi penyimpangan, dan kecepatan perubahan output tersebut sebanding dengan penyimpangannya, konstantanya dinyatakan dengan  $K_i$ , dimana  $K_i$  ini mempunyai sensitivitas yang tinggi, yaitu dengan cara mereduksi *error* yang dihasilkan dari sinyal *feedback*. Makin besar nilai  $K_i$  maka sensitivitasnya akan semakin tinggi, tetapi waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kestabilan lebih cepat, demikian pula sebaliknya.

### 2.9.3 Kendali Derivatif

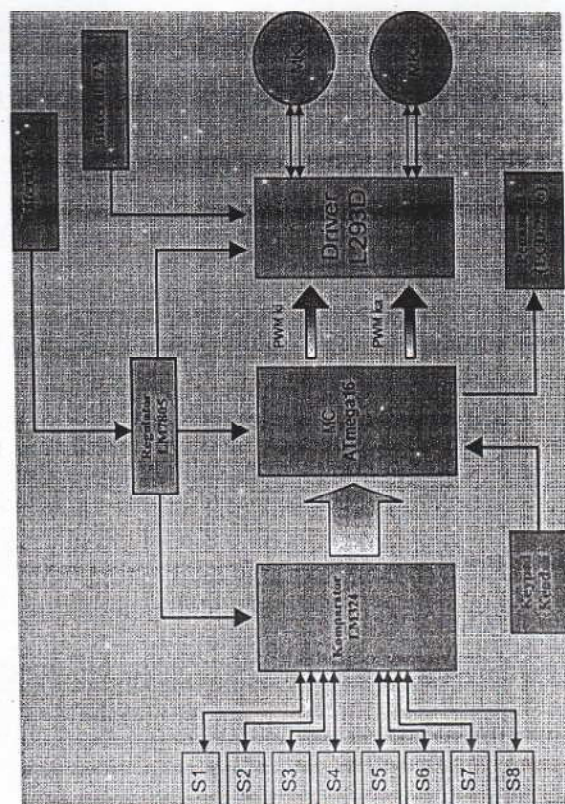
Sedangkan aksi kendali derivatif (turunan) bekerja berdasarkan laju perubahan simpangan, sehingga jenis kontroler ini selalu digunakan bersama-

sama dengan kontroler proporsional dan integratif, konstantanya dinyatakan dengan  $K_d$ , dimana  $K_d$  ini mempengaruhi kestabilan dari sistem, karena aksi kendali ini dapat mereduksi *error*.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian ini akan dijelaskan metodologi yang digunakan meliputi design, code, dan test. Tahapan perancangan dimulai dari perancangan blok diagram sistem, perancangan perangkat keras, serta perancangan perangkat lunak.

#### 3.1 Blok Diagram Sistem



Gambar 15. Blok Diagram Sistem

Dengan mengacu kepada blok diagram sistem, terdiri dari bagian masukan, bagian kendali, bagian keluaran dan bagian catu daya (baterai). Pada bagian masukan berupa delapan buah sensor *photodiode* dengan untai pengkondisi sinyal berupa komparator (IC LM324) dan tombol keypad yang berfungsi untuk memilih kendali robot dengan menggunakan algoritma PID. Pada bagian keluaran berupa menggunakan mikrokontroler ATmega 16. Pada bagian keluaran berupa penampil LCD 2x16 dan *driver* motor (IC L293D) sebagai aktuator robot.

#### 3.2 Perancangan Perangkat Keras

Pada perancangan perangkat keras robot *line follower* terdiri dari dua bagian yakni bagian mekanik dan elektrik.



### 3.2.1 Mekanik

Sistem mekanik yang baik dapat sangat mendukung dari pergerakan robot, oleh karena itu perancangan mekanik dalam hal ini bodi dan rangka robot haruslah proporsional dengan panjang dan lebar serta tinggi dari robot.



Gambar 16. Robot tampak depan, samping kanan, samping kiri

Material yang digunakan pada pembuatan rangka bodi robot *line follower* ini menggunakan acrylic dengan ketebalan 2 mm, bentuk dan dimensi robot dirancang sesuai secara proporsional dengan harapan robot dapat bermanuver dengan baik. Setelah rancangan mekanik selesai dan agar robot terlihat lebih menarik selanjutnya dilakukan pewarnaan pada bodi robot dengan menggunakan pilox berwarna hitam dop. Berikut ini tampilan jadi dari robot setelah pewarnaan.

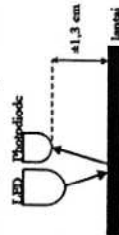
### 3.2.2 Elektrik

#### 3.2.2.1 Rangkaian Sensor Garis

Rangkaian ini berfungsi untuk mendeteksi dan membaca pembacaan lintasan garis. Pada proyek akhir ini menggunakan delapan buah sensor photodiode dan LED superbright. LED Superbright berfungsi sebagai pengirim cahaya ke garis untuk dibaca sensor photodiode. Sifat dari warna putih yang memantulkan cahaya dan warna hitam yang tidak memantulkan cahaya digunakan dalam aplikasi ini. Gambar 17 adalah ilustrasi mekanisme sensor garis. Gambar 18 adalah rangkaian sensor yang digunakan dalam perancangan alat ini.

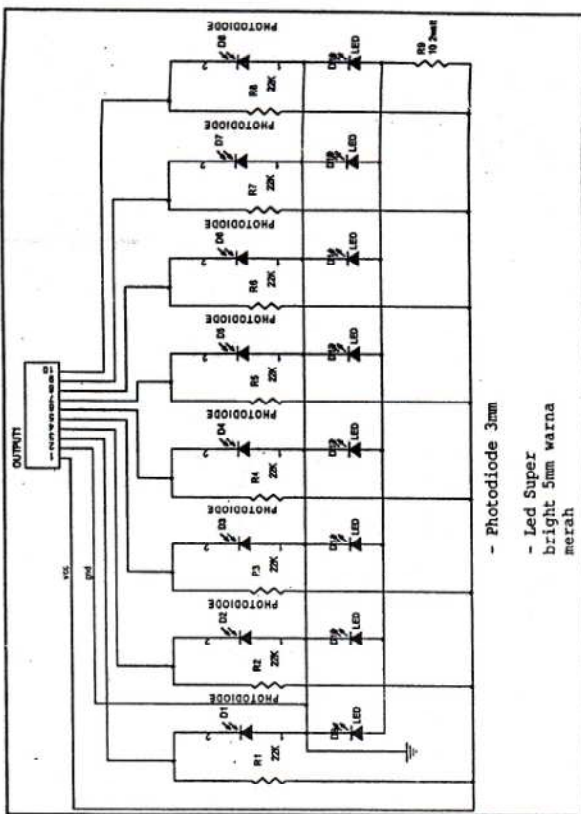
#### 3.2.2.2 Rangkaian Komparator

Hasil dari pembacaan rangkaian sensor garis akan diteruskan ke rangkaian komparator. IC yang digunakan sebagai rangkaian komparator pada proyek akhir ini adalah IC LM 324. IC ini digunakan untuk membandingkan antara tegangan input dari sensor dengan tegangan referensi yang nilainya diatur menggunakan trimmer potensio atau lebih dikenal dengan trimpot. Gambar 19 adalah rangkaian komparator yang digunakan dalam perancangan alat ini.



Gambar 17. Posisi sensor

Mayub - Robot Line Follower dengan Kendali PID



Gambar 18. Rancangan sensor garis

#### 3.2.2.3 Rangkaian Keypad Kendali

Rangkaian ini berfungsi untuk memilih algoritma kendali robot dengan menggunakan PID atau *mapping* kontrol atau gabungan PID dan *mapping* kontrol. Selain itu juga sebagai masukan nilai konstanta PID. Konfigurasi keypad seperti pada Gambar 20, dimana saat tombol keypad ditekan maka akan tersambung pada ground yang menyebabkan logika low, sehingga pin mikrokontroler yang tersambung keypad menjadi logika low yang sebelumnya high akibat pemberian pull up internal pada pin tersebut.

#### 3.2.2.4 Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler

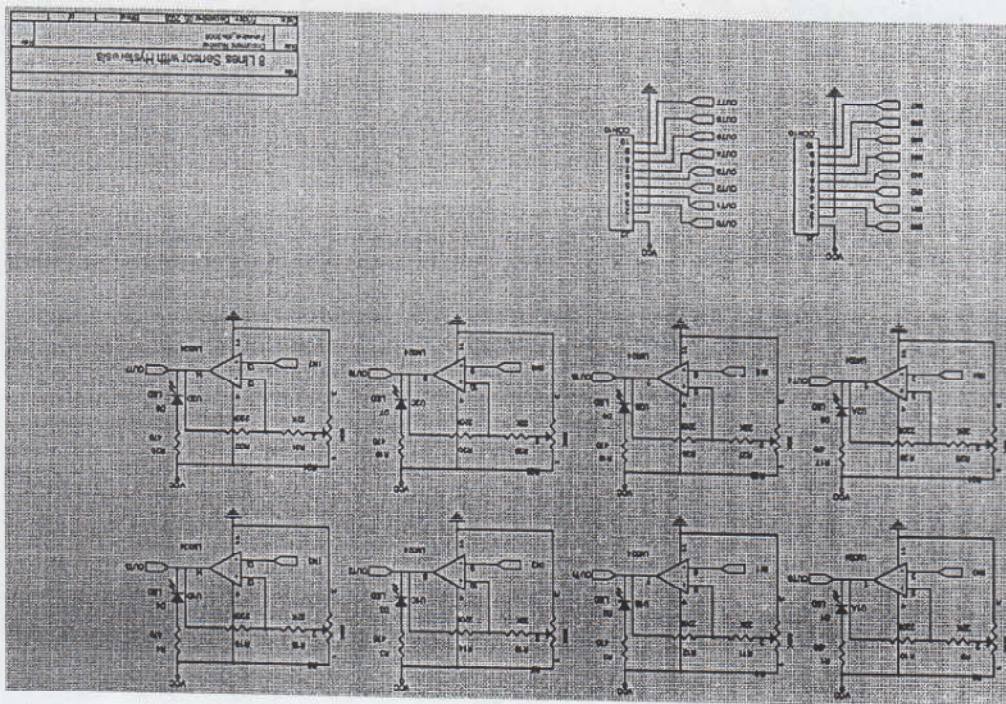
Sistem kendali robot *line follower* ini menggunakan sistem minimum mikrokontroler Atmega 16. Gambar 21 ialah rancangan sistem minimum mikrokontroler Atmega 16. Rangkaian osilator pada sistem minimum ini berfungsi sebagai detak clock bagi mikrokontroler. Untuk membuat rangkaian osilator dapat digunakan kristal keramik dengan frekuensi 0 Hz sampai 16 Hz serta kapasitor yang bernilai 22 pF sampai 33 pF. Rangkaian Reset pada sistem minimum ini berfungsi untuk menyebabkan mikrokontroler menjalankan program dari awal.

Media Informatika, Vol. 7, No. 1, Juni 2009, 49-75



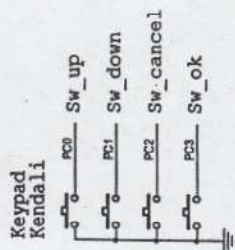
### 3.2.2.5 Rangkaian Driver Motor

Driver motor digunakan untuk mengendalikan arah putaran dan kecepatan motor DC yang merupakan penggerak utama dari robot line follower. IC driver motor pada proyek akhir ini menggunakan IC L293D yang di dalamnya terdapat rangkaian double H-Bridge. Gambar 22 ialah rancangan rangkaian driver motor L293D.

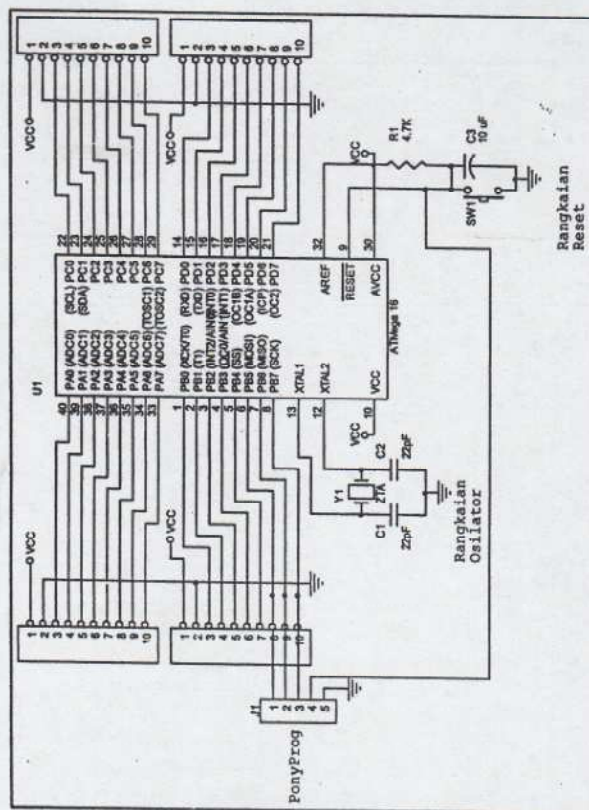


Gambar 19. Rancangan pengkondisian sinyal (komparator)

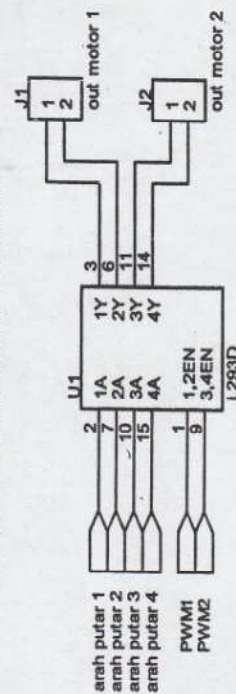
Mayub - Robot Line Follower dengan Kendali PID



Gambar 20. Rangkaian keypad kendali



Gambar 21. Sistem minimum microcontroller



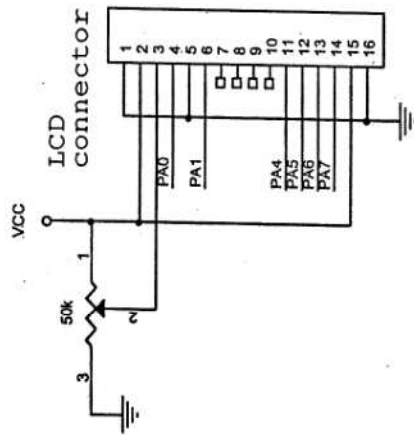
Gambar 22. Rancangan pengendali motor

Media Informatika, Vol. 7, No. 1, Juni 2009, 49-75



### 3.2.2.6 Rangkaian Penampil LCD

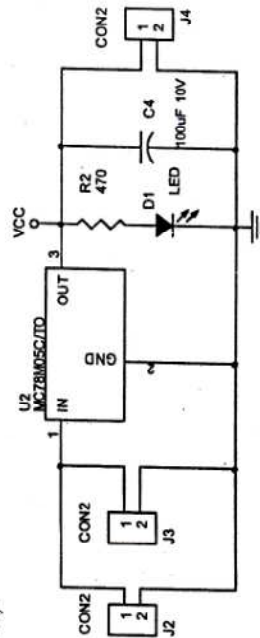
LCD pada perancangan robot line follower ini berfungsi untuk menampilkan navigasi pengaturan algoritma robot dan masukan nilai konstanta PID. Gambar 23 adalah rangkaian LCD yang digunakan dalam perancangan alat ini.



Gambar 23. Rancangan LCD

### 3.2.2.7 Rangkaian Regulator

Rangkaian regulator difungsikan sebagai penstabil tegangan. Regulator yang digunakan pada proyek akhir ini ialah tipe LM 7805, regulator ini akan menstabilkan tegangan outputnya pada level tegangan 5 volt. Fungsi kapasitor 100 uF 10V pada konfigurasi regulator ialah sebagai filter (penapis) dan menghilangkan ripple (riak).

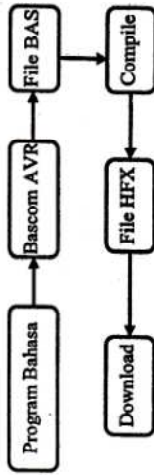


Gambar 24. Rancangan regulator 5 volt

### 3.3 Perancangan Perangkat Lunak

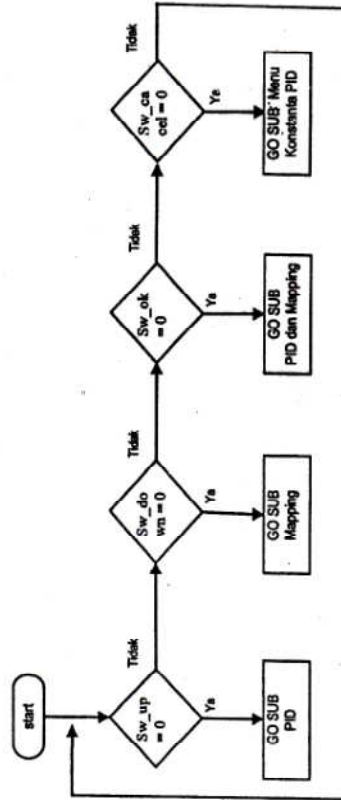
Pada sistem robot ini, mikrokontroler diprogram dengan bahasa pemrograman berbasis bahasa *basic* dengan file berekstensi \*.bas. Dengan menggunakan perangkat lunak BASCOM-AVR, file ini kemudian *dcompile*

menjadi file hexadecimal dengan ekstensi file \*.hex. File .hex ini kemudian *download* ke dalam mikrokontroler dengan menggunakan perangkat lunak PonyProg 2000. Adapun alur proses perancangan perangkat lunak dapat dilihat pada Gambar 25.



Gambar 25. Alur Pemrograman

Untuk mempermudah penulisan program, terlebih dahulu harus dirancang algoritma yang merupakan aliran eksekusi program dari awal hingga akhir. Perancangan algoritma ini akan dibagi menjadi enam bagian yaitu program inialisasi dan deklarasi, program menu utama, program akses keypad konstanta PID, program PID, dan subrutin program pengendalian motor DC saat menggunakan *mapping* kontrol. Untuk lebih mempermudah memahami algoritma program menu, dapat dilihat diagram pada Gambar 26.



Gambar 26. Alur Pemrograman

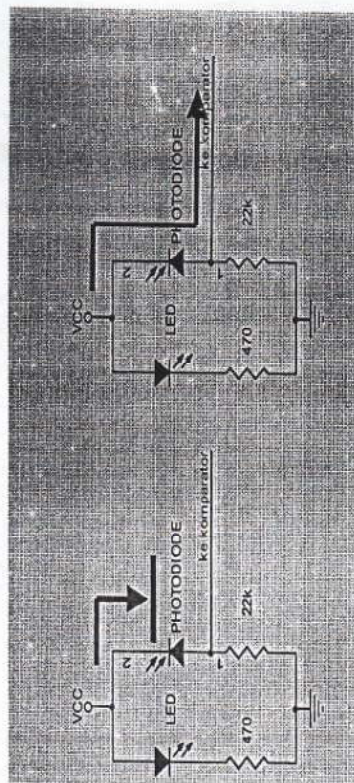
Untuk lebih mempermudah memahami algoritma program akses *keypad* konstanta PID, dapat dilihat contoh diagram alir setting konstanta nilai KI pada Gambar 27.

Untuk lebih mempermudah memahami algoritma program fungsi PID, dapat dilihat diagram alir pada Gambar 28.



#### 4.1 Rangkaian Sensor Garis

Sensor yang digunakan ialah photodiode. Sensor ini nilai resistansinya akan berkurang bila terkena cahaya dan bekerja pada kondisi reverse bias. Untuk sensor cahayanya digunakan LED Superbright, komponen ini mempunyai cahaya yang sangat terang, sehingga cukup untuk mensuplai pantulan cahaya ke photodiode. Berikut ini prinsip dan gambaran kerja dari sensor photodiode. Jika photodiode tidak terkena cahaya, maka nilai resistansinya akan besar atau dapat diasumsikan tak hingga. Sehingga arus yang mengalir pada komparator sangat kecil atau dapat diasumsikan dengan logika 0. Jika photodiode terkena cahaya, maka photodiode akan bersifat sebagai sumber tegangan dan nilai resistansinya akan menjadi kecil, sehingga akan ada arus yang mengalir ke komparator dan berlogika 1.



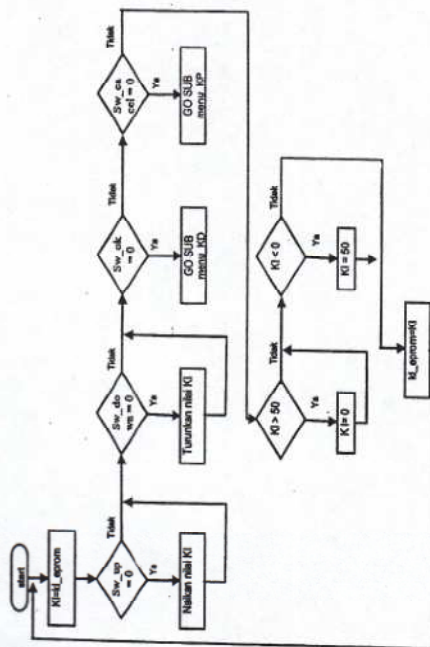
Gambar 29. Sensor tidak terkena cahaya dan Sensor terkena cahaya

Tabel 2 adalah hasil pengujian rangkaian sensor garis saat permukaan gelap maupun terang. Pengujiannya hanya dilakukan dengan pengambilan data berupa sample, yakni sensor 1, 4, 5, dan 8. dan  $VCC = 5$  volt

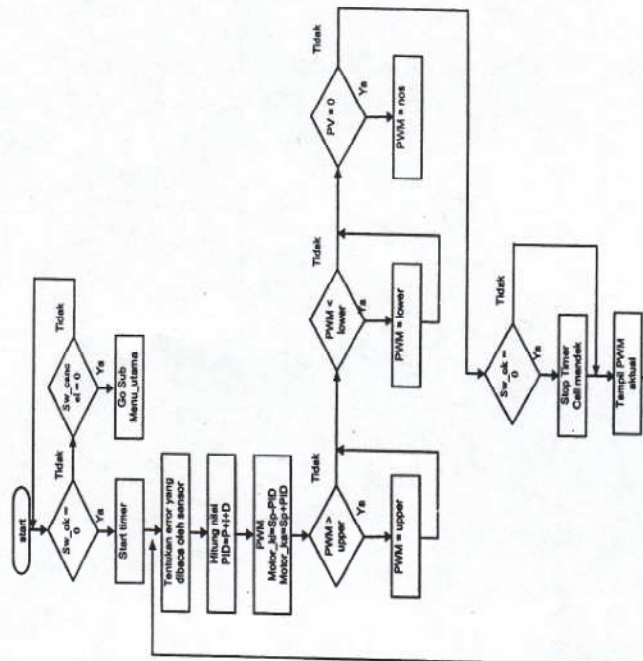
**Tabel 2. Hasil pengujian kerja sensor**

Sensor	Permukaan gelap	Kerugian	Permukaan terang	Kerugian
1	3,82 volt	23,6%	1,23 volt	75,4%
4	3,38 volt	32,4%	0,92 volt	81,6%
5	3,53 volt	29,4%	1,12 volt	77,6%
8	3,62 volt	27,6%	0,76 volt	80,4%

Dari hasil pengujian sensor dapat disimpulkan bahwa photodiode sangat sensitif dan peka terhadap cahaya yang diterimanya, nilai rugit yang sangat tinggi didapat disebabkan dari jarak pantul cahaya yang dipancarkan oleh superbright ke photodiode.



Gambar 27. Robot tampak samping kiri



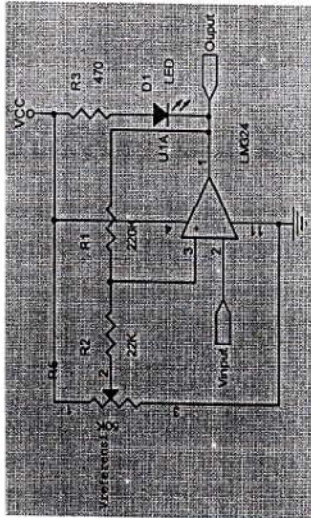
**Gambar 28.** Robot tampak samping kiri



## 4.2 Rangkaian Komparator

### 4.2.1 Prinsip kerja komparator

Rangkaian komparator pada proyek akhir menggunakan histerisis, tujuan dari histerisis ini agar sistem tidak berguncang dan output dari keluaran komparator tidak mengalami noise (gangguan). Komparator dapat difungsikan dengan dua mode, yakni mode inverting dan non-inverting. Pada proyek akhir ini komparator digunakan dengan mode inverting sehingga saat  $V_{in}$  (output sensor)  $> V_{referensi}$  maka  $V_{out} \approx GND$  begitu pula dengan sebaliknya jika saat  $V_{in}$  (output sensor)  $< V_{referensi}$  maka  $V_{out} \approx VCC$ .



Gambar 30. Prinsip kerja komparator

Berikut tegangan acuan Upper Trip Point (UTP) dan tegangan acuan Low Trip Point (LTP) pada rangkaian komparator histerisis robot line follower.

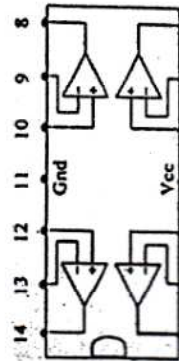
$$B = \frac{R2}{R1 + R2} = \frac{22K}{220K + 22K} = 0,09$$

$$V_{UTP} = +B \times V_{ref} = +0,09 \times 5V = 0,45V = 450mV$$

$$V_{LTP} = -B \times V_{ref} = -0,09 \times 5V = -0,45V = -450mV$$

### 4.2.2 Pengujian Kerja Komparator

Tabel 3 adalah hasil pengujian rangkaian komparator IC LM324 dengan mengambil sample komparator 1, 2, 3 dan 4. dan  $VCC = 5$  volt.



Gambar 31. Konfigurasi pin IC LM324

Mayub - Robot Line Follower dengan Kendali PID

Tabel 3. Hasil pengujian rangkaian komparator IC LM324 dengan mengambil sample komparator 1, 2, 3 dan 4. dan  $VCC = 5$  volt

Kompa rator	Sensor mengenai permukaan gelap					Sensor mengenai permukaan terang				
	Pin1	Pin2	Pin3	Mutu	Pin1	Pin2	Pin3	Mutu		
1	0,46	3,53	2,73	$V_{in} > V_{ref}$	4,76	0,97	2,73	$V_{in} < V_{ref}$		
			Pin7		Pin5		Pin7			
2	2,32	3,29	0,46	$V_{in} > V_{ref}$	2,32	1,19	4,76	$V_{in} < V_{ref}$		
			Pin10				Pin10			
3	3,29	0,46	2,37	$V_{in} > V_{ref}$	Pin8	Pin9	Pin12	$V_{in} < V_{ref}$		
			Pin8		Pin8	Pin9	Pin10			
4	2,47	3,42	0,46	$V_{in} > V_{ref}$	Pin11	Pin12	Pin13	$V_{in} < V_{ref}$		
			Pin11		Pin11	Pin12	Pin13			

Dari hasil pengujian komparator dapat disimpulkan bahwa konfigurasi IC LM324 sebagai komparator dapat berfungsi dengan sangat baik, ditambah lagi penggunaan histerisis pada komparator ini membuat keluaran komparator tidak mudah terpengaruh oleh noise (gangguan).

### 4.3 Rangkaian Driver Motor

Driver motor yang digunakan pada robot line follower ialah IC L293D, didalamnya sudah terdapat double H-Bridge. Pemberian logika yang benar akan menentukan arah putaran motor. Pin enable yang terdapat pada IC L293D berfungsi untuk men-enable putaran motor DC yang dikendalikan dan dari pin ini juga diaplikasikan pengaturan kecepatan motor DC dengan teknik modulasi lebar pulsa atau disebut dengan PWM (Pulse Width Modulation). Berikut ini tabel656 pengujian kebenaran pemberian logika masukan kepada IC L293D dan dampaknya terhadap putaran motor.

Tabel 4. Tabel Kebenaran Pengendalian Motor

Pin enable	Motor 1			Motor 2		
	Pin masukan	Arah putaran	Pin masukan	Arah putaran		
H (pwm)	Input1 = high	Berputar ke kiri	Input1 = low	Berputar ke kanan		
	Input2 = low		Input2 = high			
	Input1 = low	Berputar ke kanan	Input1 = high	Berputar ke kiri		
	Input2 = high		Input2 = low			
	Input1 = low	Motor berhenti	Input1 = high	Motor berhenti		
	Input2 = low		Input2 = low			
L (pwm)	Input1 = high	Motor berhenti	Input1 = high	Motor berhenti		
	Input2 = high		Input2 = high			
	Input1 = high	Motor berhenti	Input1 = high	Motor berhenti		
	Input2 = low		Input2 = low			
	Input1 = low	Motor berhenti	Input1 = low	Motor berhenti		
	Input2 = low		Input2 = low			

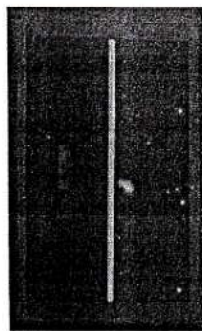


#### 4.4 Rangkaian Mikrokontroler

Atmega 16 merupakan pemroses data utama dalam perancangan robot line follower, penggunaan mikrokontroler ini dipusatkan pada fasilitas timer yang dimilikinya. Penggunaan timer ini digunakan pada fungsi pengaturan PWM. Berikut ini pengujian fungsionalitas mikrokontroler Atmega 16 dalam membangkitkan PWM. Penggunaan PWM pada robot line follower menggunakan fasilitas overflow pada timer/counter 1.

Listing program untuk mengeluarkan nilai PWM = 0 pada pin OC1A dan OC1B.

```
Config Timer1 = Pwm, Pwm = 10, Prescale = 64, Compare A Pwm = Clear
Down, Compare B Pwm = Clear Down 'pwm dengan settingan fast pwm 10
bit, mode inverting:
Do
Pwma = 0 'pin OC1A
Pwmb = 0 'pin OC1B
Loop
End
```



Gambar 32. Gelombang PWM saat 0%

Tabel 5. Tabel Pengujian PWM 0%

PWM	Time/div	Volt/div	OC1A/B
0 %	1 ms	2 Vpp	0

#### 4.4.1 Kendali PID

##### a. Proporsional kontrol

Kondisi ideal pada robot adalah bergerak maju lurus mengikuti garis, dengan kata lain  $PV = 0$  (nilai sensor = 11100111). Dari sini dapat diasumsikan bahwa Set Point (SP) / kondisi ideal adalah saat  $SP = 0$ . Nilai sensor yang dibaca oleh sensor disebut Process Variable (PV) / nilai aktual pembacaan. Menyimpangnya posisi robot dari garis disebut sebagai error (e), yang didapat dari  $e = SP - PV$ . Dengan mengetahui besar error, mikrokontroler dapat memberikan nilai PWM motor kiri dan kanan yang sesuai agar dapat menuju ke posisi ideal ( $SP = 0$ ). Besarnya nilai PWM ini dapat diperoleh dengan menggunakan kontrol Proporsional (P), dimana  $P = e \times Kp$  ( $Kp$  adalah konstanta proporsional yang nilainya di set sendiri dari hasil tuning).

Saat Sensor = 11111111 nilai PV dapat ditentukan dengan cara membandingkan kondisi PV sebelumnya, jika PV lebih besar dari 0, maka nilai PV

Mayub - Robot Line Follower dengan Kendali PID

dapat diasumsikan 30 dan jika PV kurang dari 0, maka nilai PV dapat diasumsikan -30. Dalam pemrograman robot line follower ini kodenya ditulis secara sederhana seperti berikut:

```
If Sensor = 6111111111 Then
If Pv < 0 Then : Pv = -30
End If
If Pv > 0 Then : Pv = 30
End If
End If
```

#### Perhitungan kendali proporsional

```
Sp_sensor = 0 'setpoint sensor
Error = Sp_sensor - Pv 'nilai error
P = Kp * Error 'proporsional kontrol
```

#### Aplikasi kontrol proporsional pada PWM ialah sebagai berikut:

```
Pwm = Sp_kecepatan + P 'motor kiri
Pwm = Sp_kecepatan - P 'motor kanan
```

#### b. Derivatif kontrol

Jika pergerakan robot masih terlihat bergelombang, bisa ditambahkan kontrol Derivatif (D). Kontrol D digunakan untuk mengukur seberapa cepat robot bergerak dari kiri ke kanan atau dari kanan ke kiri. Semakin cepat bergerak dari satu sisi ke sisi lainnya, maka semakin besar nilai D. Konstanta D ( $Kd$ ) digunakan untuk menambah atau mengurangi imbas dari derivatif. Dengan mendapatkan nilai  $Kd$  yang tepat pergerakan sisi ke sisi yang bergelombang akibat dari kontrol proporsional bisa diminimalisasi. Nilai D didapat dari  $D = Kd/Ts \times \text{rate}$ , dimana  $Ts$  ialah time sampling atau waktu cuplik dan  $\text{rate} = e(n) - e(n-1)$ . Dalam program nilai error ( $SP - PV$ ) saat itu menjadi nilai  $\text{last\_error}$ , sehingga rate didapat dari  $\text{error} - \text{last\_error}$ . Untuk menambahkan kontrol D, program dimodifikasi menjadi:

#### Perhitungan kendali proporsional + Derivatif

```
Sp_sensor = 0 'setpoint sensor
Error = Sp_sensor - Pv 'nilai error
P = Kp * Error 'proporsional kontrol
D1 = Kd * 10 'derivatif kontrol
D2 = D1 / Ts
D3 = Error - Last_error 'rate
D = D2 * D3
Last_error = Error 'error lampau
Pd = P + D 'proporsional-derivatif kontrol
```

#### Aplikasi kontrol proporsional dan derivatif pada PWM ialah sebagai berikut:

```
Pwm = Sp_kecepatan + Pd 'motor kiri
Pwm = Sp_kecepatan - Pd 'motor kanan
```

#### c. Integratif kontrol

Jika dengan P + D sudah membuat pergerakan robot cukup *smooth*, maka penambahan Integratif menjadi opsional. Jika ingin mencoba-coba bisa ditambahkan Integratif (I). I digunakan untuk mengakumulasi error dan

Media Informatika, Vol. 7, No. 1, Juni 2009, 49-75



mengetahui durasi error. Dengan menjumlahkan error disetiap pembacaan PV akan memberikan akumulasi offset yang harus diperbaiki sebelumnya. Saat robot bergerak menuju garis, maka nilai error akan bertambah. Semakin lama tidak mendapatkan SP, maka semakin besar nilai I. Dengan mendapatkan nilai Ki yang tepat, imbas dari Integratif bisa dikurangi. Nilai akumulasi error didapat dari: error + last\_error. Untuk menambahkan kontrol I, maka program di modifikasi menjadi:

```

Perhitungan kendali proporsional + integratif + derivatif
Sp_sensor = 0
Error = Sp_sensor - Pv
P = Kp * Error
D1 = Kd * Ts
D2 = D1 / Ts
D3 = Error - Last_error
D = D2 * D3
I1 = K1 / 10
I2 = Error + Last_error
I3 = I1 * I2
I = I3 * Ts
Last_error = Error
Pd = P + D
Pid = Pd + I

```

Aplikasi kontrol proporsional, integratif dan derivatif pada PWM ialah sebagai berikut:

```

Pwm = Sp_kecepatan + Pid
Pwm = Sp_kecepatan - Pid

```

#### d. Parameter Nilai Konstanta PID

Pada tulisan ini nilai konstanta perhitungan PID di tuning secara trial and error, proses ini dilakukan dengan metode mencoba-coba nilai proporsional, derivatif dan integratif pada formula PID hingga ditemukan hasil sistem yang stabil, adapun cara yang dilakukan untuk mentuning PID pada robot line follower ialah sebagai berikut:

1. Gunakan kontrol proporsional terlebih dahulu, abaikan konstanta integratif dan derivatifnya dengan memberikan nilai nol pada integratif dan derivatif.
2. Tambahkan terus konstanta proporsional maksimum hingga keadaan stabil namun robot masih berosilasi.
3. Untuk meredam osilasi, tambahkan konstanta derivatif dengan membagi dua nilai proporsional, amati keadaan sistem robot hingga stabil dan lebih responsif.
4. Jika sistem robot telah stabil, kontrol integratif dapat menjadi opsional, dalam artian jika ingin mencoba-coba tambahkan kontrol integratif tersebut, namun pemberian nilai integratif yang tidak tepat dapat membuat sistem robot menjadi tidak stabil.
5. Nilai set point kecepatan dan nilai batas bawah/atas memberikan patokan kecepatan robot.
6. Nilai *time sampling* (waktu cuplik) juga mempengaruhi perhitungan PID, tentunya saat penggunaan kontrol integratif dan derivatif.
7. Periksa kembali performa sistem hingga mendapatkan hasil yang memuaskan.

Mayub - Robot Line Follower dengan Kendali PID

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

1. Sensor photodiode pada robot line follower ini dapat bekerja dengan sensitifitas yang tinggi.
2. Penggunaan komparator histerisis membuat sistem pembandingan yang tidak berguncang, sehingga output keluaran dari komparator tidak mudah mengalami noise (gangguan).
3. Kendala terbesar yang dialami ialah jika catu daya menurun maka berimbas pada nilai set point kecepatan, nilai batas bawah/atas yang harus diset ulang. Maka dari itu nilai-nilai konstanta PID juga harus diset ulang agar kecepatan dapat tetap sama saat catu daya prima.
4. Nilai PWM setpoint kecepatan robot pada ialah pada range 200-400 (20%-40% dari nilai maksimum PWM).
5. Nilai PWM batas bawah ialah nol, dan nilai PWM batas atas ialah pada range 400-700 (40%-70% dari nilai maksimum PWM).
6. Dari hasil tuning trial and error, nilai terbaik saat penggunaan PID agar robot bergerak secara responsif stabil ialah  $K_p=20$ ,  $K_i=10$ , dan  $K_d=45$  dengan set point kecepatan 30% dari kecepatan maksimum.

### 5.2 Saran

Dari hasil pengujian robot line follower ini masih perlu dikembangkan lebih lanjut saran dalam pengembangan lebih lanjut diantaranya ialah sebagai berikut.

1. Sebaiknya terapkan kendali sistem adaptif pada pengendalian robot line follower.
2. Sebaiknya terapkan driver motor dengan H-bridge transistor menggunakan mosfet.

## DAFTAR PUSTAKA

- Atmel Corporation, Data sheet ATmega16 <http://www.atdatasheet.com>
- Boylestad, Robert, Louis Nashelsky. (1972). "Electronic Devices and Circuit Theory" Fifth Edition, Prentice Hall Inc, New Jersey.
- Coughlin, Robert F., Frederick, F Driscoll. (1982). "Operational Amplifier and Linear Integrated Circuit" Second Edition, Prentice Hall Inc., Boston.
- Klafter, Richard David. (1989). "Robotic Engineering", Prentice Hall Inc.
- McDonald, Anthony. "Robot Technology - Theory, Design and Applications", Original America Edition, Prentice Hall Inc., New Jersey.
- Priyosubekti, Ardhya. (2004). "Robot Penjejak Sumber Cahaya Inframerah yang mampu Menghindari dari Penghalang Berbasis Mikrokontroler AT89S52 Menggunakan Sensor Photodetector dan Sensor Ultrasonik", Tugas Akhir S1 Teknik Elektro UGM, Yogyakarta.
- Smith, Ralph J. (1984). "Circuit, Device, and System" Fourth Edition, John Wiley and Son Inc., California.
- Tokheim, Roger L, Sutisna. (1996). "Prinsip-prinsip Digital" Edisi Kedua, Erlangga.



## MEDIA INFORMATIKA

### PEDOMAN PENULISAN

*Lingkup Jurnal.* Tulisan yang dapat dimuat adalah yang mengkaji masalah yang berhubungan dengan bidang ilmu teknik informatika dan teknologi informasi. Penelitian yang dilaporkan dapat berupa penelitian untuk pengembangan keilmuan atau terapan.

*Jenis Tulisan.* Tulisan dapat berupa laporan penelitian atau makalah ilmiah bukan penelitian, seperti laporan studi kasus atau kajian pustaka komprehensif.

- Laporan penelitian minimal harus memuat bagian abstrak, pendahuluan (latar belakang, tujuan, hipotesis, konsep-konsep kunci), metodologi penelitian, hasil penelitian dan pembahasan, kesimpulan, dan pustaka.
- Artikel ilmiah bukan penelitian minimal harus memuat bagian abstrak, pendahuluan, pembahasan, kesimpulan, dan pustaka.

*Bahasa.* Ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris dengan memperhatikan kaidah-kaidah penggunaan bahasa ragam ilmiah. Khusus untuk yang menggunakan bahasa Indonesia, hindari penggunaan kata ganti orang.

*Panjang Tulisan.* Panjang tulisan 15-20 halaman A4 spasi ganda termasuk tabel dan gambar, dan lampiran, dengan ukuran huruf 12 poin. Tulisan yang dikumpulkan harus disertai *softcopy*nya dalam disket.

*Abstrak.* Panjang abstrak maksimum 200 kata, dan sertakan kata-kata kunci pada bagian akhir abstraksi. Abstraksi tidak bersifat matematis dan memuat masalah penelitian, metodologi penelitian, hasil, dan kesimpulan.

*Tabel dan Gambar.* Tabel dan gambar harus diberi nomor dan judul lengkap, dan harus diacu dalam tulisan. Gambar dan tabel dalam format hitam-putih. Tabel dan Gambar harus diacu dalam teks.

*Persamaan.* Persamaan matematik harus diberi nomor urut dalam kurung biasa, (x), dengan penulisan rata kanan.

*Kutipan.* Setiap kutipan harus menyertakan sumbernya yang ditulis pada akhir kutipan dengan format APA, yaitu dengan menuliskan nama belakang pengarang dan tahun terbit. Contoh: ... menurut Hofstede (1997) atau ... (Hofstede, 1997).

*Pustaka.* Pustaka disusun terurut berdasar nama belakang pengarang dan hanya memuat pustaka yang dikutip dalam tulisan. Nama dituliskan tanpa gelar. Nama tengah dan nama belakang pengarang, jika ada, disingkat. Penulisan daftar pustaka disesuaikan dengan format APA seperti contoh berikut:



#### Buku

Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of Innovations*. New York: The Free Press.

#### Bab dalam buku

Salvador, T., Sherry, J. W., dan Urrutia, A. E. (2003). Less Cyber, More Café: Design Implications for Easing the Digital Divide with Locally Social Cyber Cafés. dalam Korpela, M., Montealegre, R. dan Poulymenakou, A. (Eds.), *Organizational Information Systems in the Context of Globalization*, Boston: Kluwer Academic Publishers, 323-338.

#### Artikel jurnal

Harrison, D. A., Mykytyn, P. P., Jr., dan Riemenschneider, C. K. (1997). Executive Decisions About Adoption of Information Technology in Small Business: Theory and Empirical Tests. *Information System Research*, 8(2), 171-195.

#### Sumber online

Bonham, G. M., Seifert, J. W., dan Thorson, S. J. (2003). *The Transformational Potential of E-Government: The Role of Political Leadership*. Diakses pada 1 Mei 2003 dari <http://www.maxwell.syr.edu/maxpages/faculty/gmbonham/ecpr.htm>

*Kontribusi Penulis.* Untuk membantu kontinuitas penerbitan, setiap tulisan yang dimuat dikenakan biaya sebesar Rp 50.000 per judul ditambah Rp 10.000 per halaman dan dapat dikirimkan ke rekening nomor 1004018135 Bank Bukopin Cabang Pembantu Jalan Kaliurang Yogyakarta atas nama Yudi Prayudi.

*Cara berlangganan.* Untuk berlangganan Jurnal Media Informatika, silahkan hubungi:

Bagian Administrasi dan Sirkulasi, Jurnal Media Informatika,  
Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri,  
Universitas Islam Indonesia,  
Jalan Kaliurang Km. 14,5 Yogyakarta 55501  
Telp. (0274) 895287 ext. 122, Faks. (0274) 895007 ext. 148  
e-mail: [informatika@fti.uui.ac.id](mailto:informatika@fti.uui.ac.id)

#### Harga pembelian:

Khusus Jawa: Rp 15.000 (sudah termasuk ongkos kirim)  
Luar Jawa: Rp 17.500 (sudah termasuk ongkos kirim)





## MEDIA INFORMATIKA

ISSN: 0854-4743

Media Informatika adalah jurnal ilmiah yang diterbitkan oleh Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Media Informatika terbit dua kali dalam setahun, setiap bulan Juni dan Desember.

### *Pemimpin Redaksi*

Sri Kusumadewi  
Universitas Islam Indonesia

### *Sekretaris Redaksi*

Lizda Iswari  
Universitas Islam Indonesia

### *Dewan Redaksi*

Adhi Susanto    Universitas Gadjah Mada  
Agung Alfiansyah    Universitas Islam Indonesia  
Agus Hardjoko    Universitas Gadjah Mada  
Handayani Tiandrasa    Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Izzati Muhimmah    Universitas Islam Indonesia  
Kridanto Surendro    Institut Teknologi Bandung  
Sri Hartati    Universitas Gadjah Mada  
Taufiq Hidayat    Universitas Islam Indonesia  
Fathul Wahid    Universitas Islam Indonesia

### *Administrasi dan Sirkulasi*

Mishbahul Munir

Redaksi menerima tulisan yang belum pernah diterbitkan dari kalangan akademisi, peneliti, dan praktisi. *Blind review* dilakukan untuk menentukan tulisan yang akan dimuat. Pedoman penulisan tercantum pada bagian akhir jurnal ini.

### *Alamat Redaksi*

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri,  
Universitas Islam Indonesia

Jl. Kaliurang Km. 14 Yogyakarta 55501

Telp. (0274) 895287 ext. 122, Faks. (0274) 895007 ext. 148

e-Mail: [informatika@fti.uii.ac.id](mailto:informatika@fti.uii.ac.id)

## MEDIA INFORMATIKA

Volume 7, Nomor 1, Juni 2009

ISSN: 0854-4743

### DAFTAR ISI

- |       |   |
|-------|---|
| 01-18 | Recovery Model for Survivable System Through Critical Service Resource Reconfiguration<br>Irving Vitra Paputungan                         |
| 19-28 | Prototipe M-Education untuk Pendaftaran Matakuliah di Perguruan Tinggi Berbasis WAP<br>Anita Desiani, Ali Amran                           |
| 29-40 | Sistem Pakar untuk Mendiagnosa Jenis Penyakit pada Ternak Ayam Petelur Usia Produktif Berdasarkan Gejala Klinis<br>Yuliani Indrianingstih |
| 41-48 | Aplikasi Atlas Anatomi Manusia Sobotta Berbasis Multimedia<br>Auliya Rahman, Ami Fauzifah   |
| 49-75 | Robot Line Follower dengan Kendali PID<br>Afrizal Mayub   |